

# X-RAY GENERATOR, AND PROJECTION EXPOSURE DEVICE HAVING THE SAME AND EXPOSING METHOD

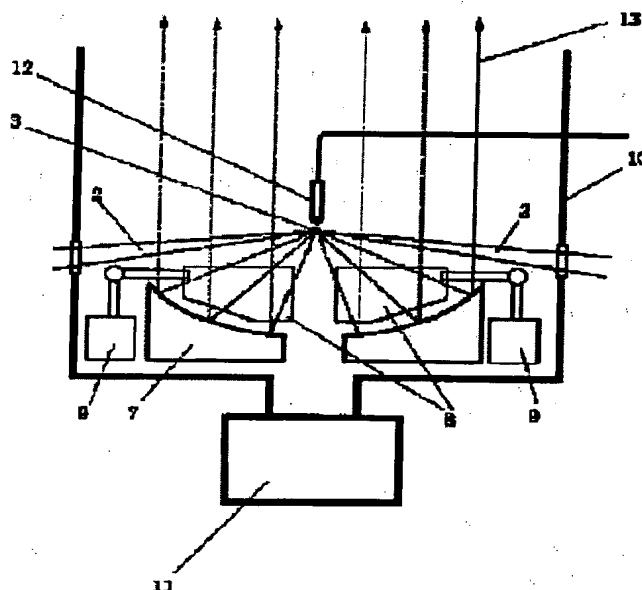
**Publication number:** JP2001057298  
**Publication date:** 2001-02-27  
**Inventor:** KAMITAKA NORIAKI; KONDO HIROYUKI  
**Applicant:** NIPPON KOGAKU KK  
**Classification:**  
- **International:** H05G2/00; H05G2/00; (IPC1-7): H05G2/00  
- **European:**  
**Application number:** JP19990231394 19990818  
**Priority number(s):** JP19990231394 19990818

Report a data error here

## Abstract of JP2001057298

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively reduce the scattered particles by mounting a scattered particle blocking member in parallel to or approximately parallel to a face formed by optical paths on optical paths of incident light to an X-ray reflection optical element and/or the light reflected from the element.

**SOLUTION:** A scattered particle blocking member 8 made of an aluminum thin plate is mounted in parallel to a face formed by an optical path of X-ray entering into a reflection optical element 7 and a parallel beam bundle 13 of the X-ray reflected by the reflection optical element 7. By mounting the scattered particle blocking member 8 on this place, the optical paths for the X-ray entering into the reflection optical element 7 and the X-ray reflected thereby are hardly intercepted. That is, the optical paths of the X-ray is not affected, and the attachment of the scattered particles scattered by a buffer gas to the reflection optical element 7 can be prevented. The thickness of the scattered particle blocking member 8 is preferably as thin as possible so as not to intercept the X-ray and actually below 2 mm.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-57298

(P2001-57298A)

(43) 公開日 平成13年2月27日 (2001.2.27)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 5 G 2/00

識別記号

F I

H 0 5 G 1/00

テーマコード(参考)

K 4 C 0 9 2

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-231394

(22) 出願日 平成11年8月18日 (1999.8.18)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 神高 典明

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 近藤 洋行

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

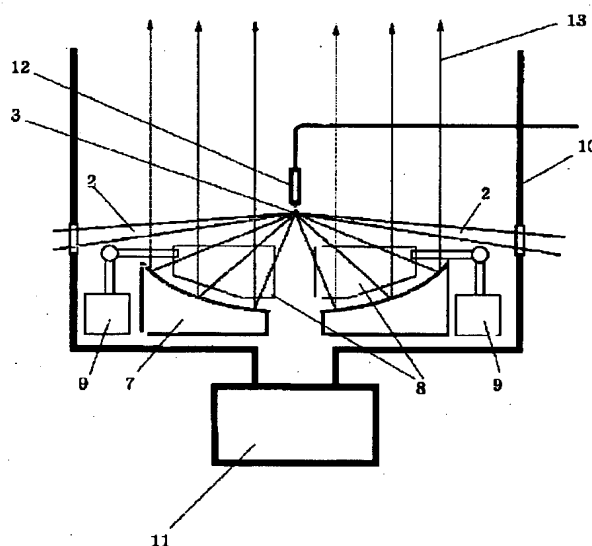
Fターム(参考) 4C092 AA06 AB21 AC09

(54) 【発明の名称】 X線発生装置及びこれを備えた投影露光装置及び露光方法

(57) 【要約】

【課題】 飛散粒子の影響を防止したX線発生装置を得る。

【解決手段】 本発明のX線発生装置は、プラズマから発生したX線が入射するX線反射光学素子を有するX線発生装置において、前記X線反射光学素子への入射光及び／又は前記X線反射光学素子からの反射光の光路上の該各光路が形成する面に対して平行又は略平行な位置に飛散粒子部材を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマから発生したX線が入射するX線反射光学素子を有するX線発生装置において、前記X線反射光学素子への入射光及び／又は前記X線反射光学素子からの反射光の光路上の該各光路が形成する面に対して平行又は略平行な位置に飛散粒子部材を有することを特徴とするX線発生装置。

【請求項2】 減圧した容器内に設置又は供給される標的と、該標的から前記プラズマを発生させるために前記標的にレーザービームを照射するパルスレーザー光発生装置を有することを特徴とする請求項1に記載のX線発生装置。

【請求項3】 パルスの高電圧を印加することにより前記プラズマを発生させる電極を有することを特徴とする請求項1に記載のX線発生装置。

【請求項4】 前記X線反射光学素子への飛散粒子の付着を防止するカバーが前記X線反射光学素子を取り囲むように前記X線反射光学素子の周辺部に設置されていることを特徴とする請求項1又は2又は3に記載のX線発生装置。

【請求項5】 前記飛散粒子阻止部材の厚さは2mm以下であることを特徴とする請求項1又は2又は3又は4に記載のX線発生装置。

【請求項6】 プラズマから発生したX線が入射するX線反射光学素子を有し、前記X線反射光学素子への入射光及び／又は前記X線反射光学素子からの反射光の光路上の該各光路が形成する面に対して平行又は略平行な位置に飛散粒子阻止部材を有するX線発生装置と、前記X線が照射され、投影するパターンが形成されたレチクルが設置されるレチクル保持部と、該レチクルを透過又は反射した前記X線を基板に照射する投影光学系を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】 プラズマからX線を輻射する工程と、該X線を反射光学素子に入射し反射させるときに、該入射光と該反射光の光路が該各光路の形成する面に対して平行又は略平行な位置に設置された飛散粒子阻止部材間にくるようにする工程と、前記反射したX線をパターンが形成されたレチクルに照射する工程と、該レチクルを透過又は反射した前記X線を基板に照射する工程を有することを特徴とする投影露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、X線縮小投影露光装置やX線顕微鏡、X線分析装置及びこれらが備えるX線発生装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】波長が13nmあるいは11nmであるX線の光源(X線発生装置)の1つの候補として考えられているのが、レーザープラズマX線源(以下、LPXと記す)である。LPXを用いた場合、X線を発生させ

るために標的にレーザー光を照射すると、標的を構成する材料がガス化した物質やイオン化した材料等の飛散粒子が発生する。このような飛散粒子が標的の周辺部材に付着するとLPXを備えた装置の性能に悪影響を及ぼすことがある。しかし、飛散粒子が全く発生しないLPXは、現在のところ存在しない。そのため、発生した飛散粒子の周辺部材への到達を阻止することが提案されている。その飛散粒子の阻止方法として、X線の吸収が問題とならない程度の量のバッファガスを真空容器内に充填する方法が提案されている。

【0003】バッファガスを用いる場合には、飛散粒子の低減効果を高めるために、発生するX線の光路中あるいは光路の近傍に図6に示すような筒状の飛散粒子阻止部材4を配置することが提案されている(特開平8-321395号公報)。ここに記載されている飛散粒子阻止部材4を用いる方法とは、以下のようなものである。標的材料1に励起用パルスレーザー光2を照射することにより生じるプラズマ3からの飛散粒子と、容器内に導入したバッファガス分子とを衝突させることで飛散粒子の運動の方向を変化させる。これにより、飛散粒子阻止部材4に飛散粒子を付着させるものである。この方法によれば、従来、標的の周辺部材の表面に到達し、付着してしまっていた飛散粒子を低減させる効果が飛躍的に向上する。

【0004】また、図7のように、取り出すX線光束5の立体角内に板状の阻止部材4を複数個配置することで飛散粒子の付着を阻止することも提案されている。これにより大きな立体角でX線を取り出す際にも取り出すX線光量をほとんど低減させることなく、非常に効果的に飛散粒子を低減することが可能になる。また前記のように光源としてX線を利用する場合、不必要な波長域をカットする薄膜フィルター(例えばベリリウム箔)や透過回折光学素子(例えばゾンプレート)等が使用される場合がある。このような場合でも前記のようなX線の光路中や光路近傍に図7のような配置で飛散粒子阻止部材4を配置することは、非常に有効な飛散粒子を低減する手段となる。

【0005】前記のようなLPXの他に近年では、X線発生装置として放電プラズマを用いたものが提案されている。この方法の中の1種であるDPF(Dence Plasma Focus)を用いたときに大きなX線の輻射量が得られたとする報告が成されている。このDPFを用いた方法では、以下のようにしてX線を発生させる。例えば圧力が0.2 Torrのアルゴン等のガス雰囲気中に同軸円筒状の電極を設置する。この電極間に1kV程度のパルス電圧を印加し、放電プラズマを生成する。生成したプラズマ中を流れる電流とこれによって形成される磁場によって、イオンと電子を電極先端部に集中させながら加速することによって加熱する。これにより、電極先端部の電極部材や電極近傍に存在する標的材料がプラズマ化

し、X線が輻射される。

【0006】この方法では、投入した電気エネルギーが高い割合でX線に変換される報告が成されている。また、1 kHzを超える繰り返し運転が確認されている。これらのことからレーザープラズマと同様にDPFは、X線発生装置としての利用が期待されている。また、前記のようなLPXやDPFで発生させたX線は、反射鏡等の反射光学素子で反射させてから利用される場合が多かった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】例えば、X線の平行光束を形成する場合、X線反射光学素子である回転放物面鏡で反射させることが考えられる。前記の如く薄膜フィルター等の透過型光学素子を利用する場合に、飛散粒子の周辺部材への付着を阻止するには、図7のように光路に複数の飛散粒子阻止部材4を配置することが非常に有効である。しかし、発生したX線を反射鏡等の反射光学素子に反射させ、反射したX線を利用する場合には、飛散粒子素子部材の配置を自由に設定することはできなかった。

【0008】飛散粒子阻止部材4は、高い飛散粒子低減効果を得るためにできるだけ広い面積を有することが望ましい。しかし、反射鏡を利用する場合に、例えば図5のように飛散粒子阻止部材4を配置すると、反射鏡の表面で反射したX線を遮ってしまい(5-a)、反射光の一部しか通常の反射(5-b)を行うことができなくなってしまう。従って、反射光が通過する領域には飛散粒子阻止部材を配置することができないことになる。

【0009】これを解決するには、反射鏡を大きくし、これに比例して大きな飛散粒子阻止部材を配置すればよい。しかし、実際のX線反射鏡の製造においては、高い加工精度と微妙な多層膜の制御が必要であるために、あまり大きな素子の製造は容易ではない。更に、装置全体をある程度の大きさに抑えるためにも反射光学素子等の光学素子をむやみに大きくすることは好ましくない。よって、反射鏡を大きくし、飛散粒子阻止部材を大きくする方法は、実質的な解決方法にはならない。

【0010】このように、プラズマから発生するX線を利用し、X線の反射光学素子を有するX線発生装置において、飛散粒子を効果的に低減することが望まれていた。また、DPFにおいても電極材料や標的材料をプラズマ化してX線を発生させるため、電極や標的を構成する物質が飛散粒子となり、また発生したX線を利用する際に反射光学素子を用いる場合が多いため、レーザープラズマ方式と同様に飛散粒子を効果的に低減させる必要があった。

【0011】

【課題を解決するための手段】そこで本発明者は、反射光学素子を備え、プラズマからX線を発生させるX線発生装置において、入射するレーザー光や反射したX線を

遮ることなく、効率よく飛散粒子を低減させる方法を研究した。その結果、本発明者は、レーザー光やX線を遮ることなく、飛散粒子を効率よく阻止する飛散粒子素子部材の形状とその配置を見出した。

【0012】そこで本発明は第1に「プラズマから発生したX線が入射するX線反射光学素子を有するX線発生装置において、前記X線反射光学素子への入射光及び／又は前記X線反射光学素子からの反射光の光路上の該各光路が形成する面に対して平行又は略平行な位置に飛散粒子部材を有することを特徴とするX線発生装置(請求項1)」を提供する。第2に「減圧した容器内に設置又は供給される標的と、該標的から前記プラズマを発生させるために前記標的にレーザービームを照射するパルスレーザー光発生装置を有することを特徴とする請求項1に記載のX線発生装置(請求項2)」を提供する。第3に「パルスの高電圧を印加することにより前記プラズマを発生させる電極を有することを特徴とする請求項1に記載のX線発生装置(請求項3)」を提供する。第4に「前記X線反射光学素子への飛散粒子の付着を防止するカバーが前記X線反射光学素子を取り囲むように前記X線反射光学素子の周辺部に設置されていることを特徴とする請求項1又は2又は3に記載のX線発生装置(請求項4)」を提供する。第5に「前記飛散粒子阻止部材の厚さは2 mm以下であることを特徴とする請求項1又は2又は3又は4に記載のX線発生装置(請求項5)」を提供する。第6に「プラズマから発生したX線が入射するX線反射光学素子を有し、前記X線反射光学素子への入射光及び／又は前記X線反射光学素子からの反射光の光路上の該各光路が形成する面に対して平行又は略平行な位置に飛散粒子阻止部材を有するX線発生装置と、前記X線が照射され、投影するパターンが形成されたレチクルが設置されるレチクル保持部と、該レチクルを透過又は反射した前記X線を基板に照射する投影光学系を有することを特徴とする投影露光装置(請求項6)」を提供する。第7に「プラズマからX線を輻射する工程と、該X線を反射光学素子に入射し反射させるときに、該入射光と該反射光の光路が該各光路の形成する面に対して平行又は略平行な位置に設置された飛散粒子阻止部材間にくるようにする工程と、前記反射したX線をパターンが形成されたレチクルに照射する工程と、該レチクルを透過又は反射した前記X線を基板に照射する工程を有することを特徴とする投影露光方法(請求項7)」を提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明では、薄板あるいは薄膜等の板状の飛散粒子阻止部材は、プラズマから発生したX線が反射鏡の表面で反射する際に入射光路と反射光路によって形成する面に平行か又は略平行に配置されていることを特徴とするものである。そのため、飛散粒子阻止部材は、プラズマから反射鏡へ入射する入射光の光束と

反射鏡で反射した反射光の光束のいずれの光束もほとんど遮ることがない。

【0014】因みに本発明において、「入射光路と反射光路によって形成する面」とは図4に示すような面Xを称するものである。。また、本発明は、主にX線の発生に関するものであるが、X線の波長領域に近い紫外線（極端紫外）や紫外領域に近いX線（軟X線）の発生にも適用可能である。

【0015】図1に本発明に関わるX線発生装置（LPX）の概略図を示す。本実施の形態では、X線投影露光装置における照明光学系の平行X線光束発生部分を例に説明する。真空容器10内にはノズル12が配置されており、このノズル12からはクリプトン（Kr）ガスが噴出する。真空容器10内に噴出したクリプトンガスは急激に膨張し、断熱膨張により冷却されガスの大部分はクラスターを形成する。

【0016】ノズル12の先端から0.5mm程度のところには、YAGレーザー発生装置（不図示）から射出した励起用パルスレーザー光2が集光されている。これにより、クラスター及びガスにレーザー光2が照射されプラズマ3が発生する。そして、このプラズマ3の発生時にX線が輻射される。発生したX線は、プラズマの発生位置を焦点に持つように配置され、表面にMo/Si多層膜が形成された回転放物面鏡7によって反射され、平行光束13を形成する。

【0017】本発明では、プラズマと回転放物面鏡7の間に厚さ約100 $\mu$ mのアルミニウムの薄板（飛散粒子阻止部材）8が配置されている。YAGレーザー（励起用パルスレーザー光）2を照射して十分な量のX線が発生させるには、噴出したクリプトンガス（クラスター）の密度が高いことが必要である。しかし、ノズル12から噴出したクリプトンガスは、急激に膨張するためにノズル12から大きく離れた位置にプラズマ3を形成させることはできない。このような理由からプラズマ3は、ノズル12の先端から約0.5mmという極近傍で生成される。このために、プラズマ3を形成している高速のイオンがノズル12の表面（特に先端部）に数多く到達し、ノズル12の表面を削り取り、削り取られたノズル12を形成する材料は、飛散粒子となって周囲に飛散することになる。この飛散粒子が回転放物面鏡7に到達し、表面に付着すると反射性能が悪化することになる。これを防ぐために、飛散粒子阻止部材8を設置し、飛散粒子が回転放物面鏡7に到達しないようにするのである。

【0018】飛散粒子阻止部材8を設置する場所は、回転放物面鏡7に入射するX線の光路と、回転放物面鏡7で反射したX線13の光路によって形成される面に対して平行になるように配置されている。つまり、回転放物面鏡7への入射光と反射光とを遮断しない位置に設置される。また、ノズル12から噴出したクリプトンガス

は、真空容器10内に取り付けられた排気装置11によって排気され、クリプトンガス回収装置（不図示）によって回収される。これにより真空容器10内のクリプトンガスの圧力は、0.1 Torr程度に保たれている。

【0019】図2に回転放物面鏡7付近の概略図を示す。図2のような配置で薄板からなる飛散粒子阻止部材4を配置することにより、回転放物面鏡7に入射するX線及びここから反射するX線のいずれの光路もほとんど遮ることがない。そのため、X線の光路に悪影響を及ぼすことなく、バッファガスによって散乱された飛散粒子の回転放物面鏡7への付着を阻止することができる。

【0020】本実施の形態で飛散粒子阻止部材4は、表面につや消し加工がなされているため実質的には表面積が非常に大きい状態になっている。そのため、飛散粒子の吸着能力がより高くなっている。飛散粒子阻止部材4を配置する密度をどの程度にするか（何枚の飛散粒子阻止部材をどの程度の間隔で配置するか）は、導入されているバッファガスの圧力とそれによる飛散粒子の散乱の度合いに依存し適宜決定することが好ましい。例えばバッファガスによる散乱の度合いが小さい場合には、飛散粒子がその進行方向をわずかに変えた場合にも飛散粒子阻止部材4によって高い確率で阻止できるように、飛散粒子阻止部材4の間隔を小さくし、密に配置する必要がある。

【0021】また、本実施の形態のようなLPXの場合には、ノズルはSiCで形成することが好ましい。その理由は、SiCは硬度が高く、高融点であるために高速のイオンによって削られ難いことにある。更に、僅かに削られてノズルの構成物質が反射鏡表面に到達したとしても、シリコン（Si）は13nm付近のX線に対して透過率が高いため、そのX線光量低下への影響は比較的小さくて済む。

【0022】図1のような装置の場合、飛散粒子阻止部材8は、その法線の方向を保ったままの移動を行う駆動装置9を備えた構成としてもよい。これによって、長期間の使用により飛散粒子の阻止効果が低下した飛散粒子阻止部材8は、前記駆動装置9によってX線の光路から取り除かれ、新たな部材と交換することが可能になる。そして、飛散粒子阻止部材8の移動中も反射鏡における入射光路及び反射光路のいずれも大きく遮ることはないので、X線発生中に交換を行うことができる。但し、全ての飛散粒子阻止部材の交換を同時におこなうと、一時的に飛散粒子阻止効果が大きく低下してしまうので、交換は順次行うことが好ましい。

【0023】また、X線の発生を停止しても良いなら、飛散粒子阻止部材8の移動機構は、前記のような移動機構を備えたものでなくてもよく、手動により飛散粒子素子部材を移動してもよい。本実施の形態では、飛散粒子阻止部材8は厚さ100 $\mu$ mのアルミニウムの板によって構成されているが、飛散粒子阻止部材の厚さは、でき

るだけX線を遮らないようにするために可能な限り薄いことが望ましい。具体的には2mm以下が好ましく、1mm以下がより好ましい。

【0024】また飛散粒子阻止部材8の材質は、本実施の形態で用いたアルミニウムに限るものではない。ただし、配置されたときにたわみを生ずることなく平面を保つ材料であることが必要である。また、本実施の形態では飛散粒子阻止部材を板状にし、この厚さを略一定にしたが、プラズマが十分に小さければプラズマに近い部分では薄くし、遠い部分では厚くても良い。

【0025】また、飛散粒子阻止部材が同一の部材で形成されている必要は無く、例えば、プラズマから遠い部分を比較的厚い部材、プラズマに近い部分を可能な限り薄い部材で構成し、前者を後者の支持材として用いても良い。これは、前記のように飛散粒子阻止部材は、より薄いことが好ましいが、薄くすると強度が低下してしまう問題を解決するものである。飛散粒子素子部材の先端（プラズマから遠い部分）を厚くすれば、この部分で飛散粒子素子部材を支えることができ、強度を補うことが可能になるのである。

【0026】また、プラズマから飛散粒子阻止部材までの距離を十分に確保することができず、プラズマを形成する高速のイオンによって阻止部材が問題となる程度に削られてしまうような場合も考えられる。このような場合には、削られた物質の付着により引き起こされる反射鏡の反射率の低下を小さく抑えるために、利用するX線の透過率が高い物質により阻止部材を製造することが望ましい。具体的には、例えばシリコン（Si）やモリブデン（Mo）、あるいはこれらの物質を含む材料である。

【0027】本実施の形態では、飛散粒子阻止部材の交換は、順次行っているが、交換方法とし、飛散粒子阻止部材の間に新たな阻止板を挿入し、その後それまで使用していた部材を移動させる方法でも良い。この方法では、一時的に阻止部材の数が増えるためにX線の光量がわずかに低下するが、飛散粒子阻止効果は低下することがない。

【0028】また本実施の形態では、標的材料としてクリプトンガスを使用しているが、標的の材質、その形状共にこれに限るものではない。例えば、薄膜状、液滴状、微粒子状の物質を標的材料としてもよい。この場合、必要に応じて別のガス導入口を設けてバッファガスを導入する必要がある。また本実施の形態では、X線反射光学素子として回転放物面鏡を用い、これによって平行光束を形成しているが、形成する光束はこれに限るものではない。例えば平面、回転楕円面、回転双曲面等の形状を有する反射鏡によって発散光束や集光光束を形成する場合でも本発明のような飛散粒子阻止部材を配置することが可能である。

【0029】また、X線反射光学素子7の周囲に飛散粒

子の付着を防止するカバー14を設置すれば、より効果的にX線反射光学素子への飛散粒子の付着を低減することができる。図3は、回転放物面鏡7をX線反射光学素子に用いた場合のカバー14を設置したときの例である。更に飛散粒子阻止部材やカバーを冷却することにより飛散粒子の吸着効率を高め、飛散粒子を効率よく低減することができる。

【0030】また、減圧容器内にプラズマ側が低圧、X線反射鏡側が高圧となるように圧力差が生じるようにする等して、反射光学素子側からプラズマ側に向かってバッファガスの流れを形成することも飛散粒子の低減には効果的である。プラズマ側に向かって気体の流れを形成するには、バッファガスの導入口をX線の反射光学素子側に設け、排気口をプラズマ側に設けるようにしてもよい。

【0031】レーザープラズマ生成時に飛散粒子となる可能性のあるガスターゲットを用いる場合、ガスを噴出させるノズルの材料やレーザープラズマのターゲットとなる材料が鉄（Fe）やコバルト（Co）、ニッケル（Ni）等の強磁性体であった場合には、飛散粒子阻止部材を強磁性体で構成することが好ましい。このように飛散粒子阻止部材を磁化させておくことにより、飛散粒子を効率的に吸着し除去することが可能になる。

【0032】また、前記の材料以外の材料を用い、静電力により飛散粒子を除去させることも可能である。この場合、飛散粒子阻止部材として静電吸着装置を配置することにより飛散粒子を吸着し、効果的に飛散粒子を低減することもできる。本実施の形態ではLPXに関して説明したが、プラズマの発生方法はこれに限定されるものではない。例えば従来の技術のところで説明したDPFのような電極を備えたものにも適用可能であり、プラズマを発生させX線を輻射させるものであれば何でもよい。

【0033】また、本実施の形態では露光装置の構成や露光方法についての詳細は、説明しなかったが、公知の構成の露光装置に適用可能であり、露光方法も公知の方法が応用可能である。

【0034】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、反射鏡等のX線の反射光学系を有するX線発生装置において、プラズマから発生したX線の反射鏡への入射光と、反射鏡により反射されたX線の光量とを低下させることなく、反射鏡への飛散粒子の付着を低減することが可能になる。これにより、反射鏡等の部材への飛散粒子の付着が低減されるので、安定したX線の発生を長期間持続させることが可能になる。

【0035】また、本発明のX線発生装置を投影露光装置に用いれば、安定した投影露光が可能になり、より効率のよい露光ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のX線発生装置の一例を示す概略図である。

【図2】本発明のX線発生装置が有する反射光学素子近傍の概略図である。

【図3】本発明のX線発生装置が有する反射光学素子近傍の一例の概略図である。

【図4】本発明における入射光路と反射光路が形成する面を説明する概念図である。

【図5】従来の飛散粒子阻止部材による反射光の挙動を示す概念図である。

【図6】従来の飛散粒子阻止部材の一例を示す概念図である。

【図7】従来の飛散粒子阻止部材の他の一例を示す概念図である。

【符号の説明】

1 . . . . . 標的

2 . . . . . 励起用パルスレーザー光

3 . . . . . プラズマ

4 . . . . . 飛散粒子阻止部材

5 . . . . . X線

5-a . . . . . 反射後に遮られるX線

5-b . . . . . 反射後に遮られないX線

6 . . . . . 反射光学素子（多層膜反射鏡）

7 . . . . . 反射光学素子（多層膜回転放物面鏡）

8 . . . . . アルミ薄板からなる飛散粒子素子部材

9 . . . . . アルミ薄板駆動装置

10 . . . . . 真空容器

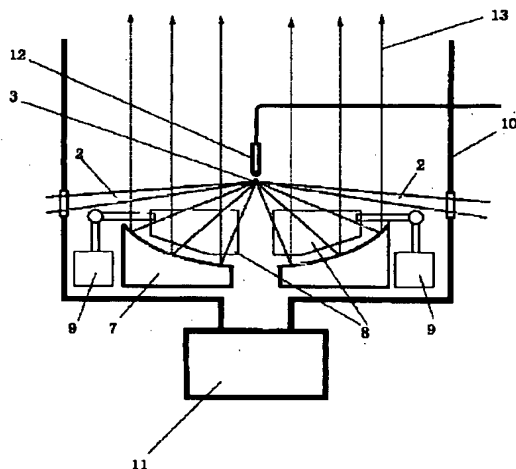
11 . . . . . 排気装置

12 . . . . . ノズル

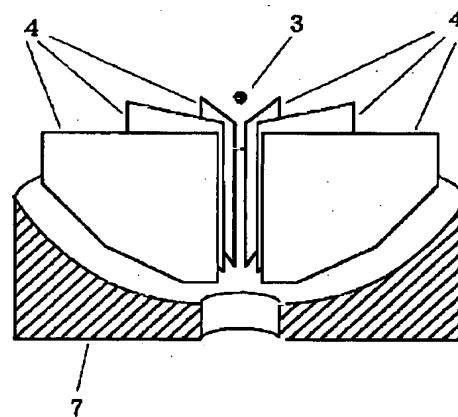
13 . . . . . X線の平行光束

14 . . . . . カバー

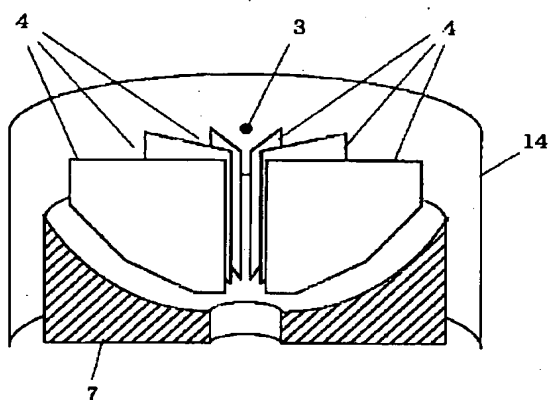
【図1】



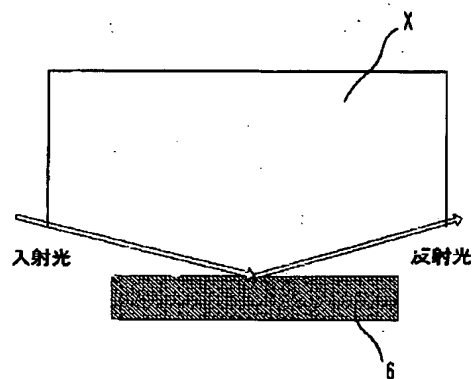
【図2】



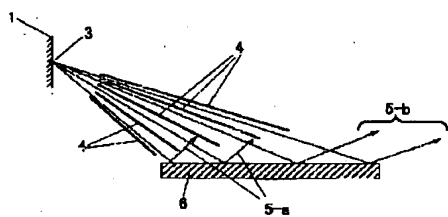
【図3】



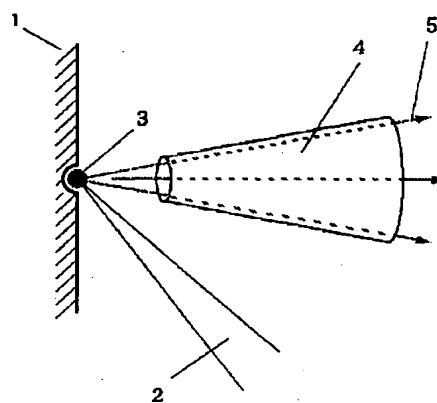
【図4】



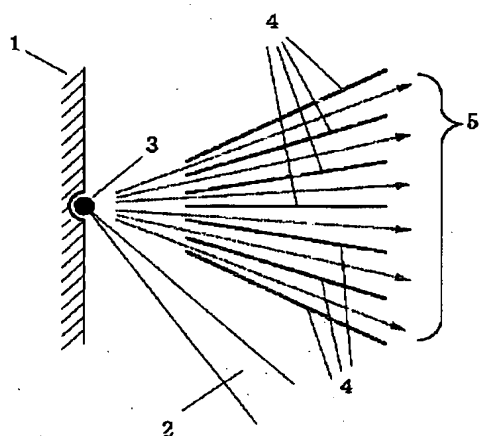
【図5】



【図6】



【図7】





[Title of the Invention] X-RAY GENERATOR, PROJECTION  
EXPOSURE DEVICE HAVING THE SAME, AND EXPOSING METHOD

[Abstract]

[Problem] To obtain an X-ray generator which prevents  
influences of scattered particles

[Solving Means] An X-ray generator of the present  
invention is an X-ray generator having an X-ray reflection  
optical element into which an X-ray generated from a plasma  
is emitted, wherein a scattered particle member is mounted  
in parallel to or approximately parallel to a face formed  
by optical paths on the optical paths of incident light to  
the X-ray reflection optical element and/or the light  
reflected from the X-ray reflection optical element.

[CLAIMS]

[Claim 1] An X-ray generator having an X-ray reflection  
optical element into which an X-ray generated from a plasma  
is emitted, the X-ray generator comprising: a scattered  
particle member which is mounted in parallel to or  
approximately parallel to a face formed by optical paths on  
the optical paths of incident light to the X-ray reflection  
optical element and/or the light reflected from the X-ray  
reflection optical element.

[Claim 2] The X-ray generator according to claim 1,  
further comprising: a target disposed or supplied in a  
container whose pressure has been reduced; and a pulse  
laser light generator which irradiates the target with a

laser beam in order to generate the plasma from the target.

[Claim 3] The X-ray generator according to claim 1, further comprising: an electrode to which a high voltage is applied in a pulse manner to generate the plasma.

[Claim 4] The X-ray generator according to claim 1 or 2, wherein a cover which prevents the scattered particles from being attached to the X-ray reflection optical element is disposed in a peripheral portion of the X-ray reflection optical element so as to surround the X-ray reflection optical element.

[Claim 5] The X-ray generator according to claim 1, 2, 3, or 4, wherein the scattered particle blocking member has a thickness of 2 mm or less.

[Claim 6] A projection exposure device comprising: an X-ray generator including an X-ray reflection optical element into which an X-ray generated from a plasma is emitted, and a scattered particle blocking member which is mounted in parallel to or approximately parallel to a face formed by optical paths on the optical paths of incident light to the X-ray reflection optical element and/or the light reflected from the X-ray reflection optical element; a reticle holding section provided with a reticle which is irradiated with the X-ray to form a pattern to be projected thereon; and a projection optical system which irradiates a substrate with the X-ray passed through or reflected by the reticle.

[Claim 7] A projection exposing method comprising: a step

of radiating an X-ray from a plasma; a step of introducing optical paths of incident light and reflected light between scattered particle blocking members disposed in parallel to or approximately parallel to a face formed by the optical paths, when the X-ray is emitted into and reflected by a reflection optical element; a step of irradiating a reticle provided with a pattern with the reflected X-ray; and a step of irradiating a substrate with the X-ray passed through or reflected by the reticle.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Technical Field of the Invention] The present invention relates to an X-ray reduction projection exposure device or an X-ray microscope, an X-ray analysis device, and an X-ray generator disposed in them.

[0002]

[Related Art] A laser plasma X-ray source (hereinafter referred to as the LPX) is considered as one candidate of an X-ray light source (X-ray generator) whose wavelength is 13 nm or 11 nm. In a case where the LPX is used, when a target is irradiated with laser light in order to generate an X-ray, there are generated scattered particles of a gasified substance of a material constituting the target, an ionized material and the like. When such scattered particles stick to a peripheral member of the target, a performance of the device provided with the LPX is adversely affected in some case. However, there is not any

LPX that does not generate any scattered particle at present. Therefore, it is proposed that the generated scattered particles be prevented from being attached to the peripheral member. As a method of blocking the scattered particles, there is proposed a method of filling a vacuum container with a buffer gas having such an amount that absorption of the X-ray does not raise any problem.

[0003] It is proposed that a cylindrical scattered particle blocking member 4 be disposed in or in the vicinity of an optical path of the generated X-ray as shown in FIG. 6 in order to improve a scattered particle reducing effect in a case where the buffer gas is used (Japanese Patent Application Laid-Open No. 8-321395). The method using the scattered particle blocking member 4 mentioned herein is as follows. The scattered particles from a plasma 3, generated by irradiating a target material 1 with pulse laser light 2 for excitation, are allowed to collide with buffer gas molecules introduced into a container to change directions of movements of the scattered particles. Accordingly, the scattered particles are attached to the scattered particle blocking member 4. This method rapidly improves an effect of reducing the scattered particles which have heretofore reached and stuck to the surface of the peripheral member of the target.

[0004] Moreover, as shown in FIG. 7, it is proposed that that a plurality of plate-like blocking members 4 be disposed in a solid angle of an extracted X-ray flux 5 to

prevent the attachment of the scattered particles. Accordingly, it is possible to reduce the scattered particles very effectively without reducing an extracted X-ray quantity in a case where the X-ray is extracted in a large solid angle. In a case where the X-ray is utilized as a light source as described above, there is sometimes used a thin-film filter (e.g., beryllium foil) which cuts an unnecessary wavelength band, a transmission diffraction optical element (e.g., zone plate) or the like. Even in this case, to arrange the scattered particle blocking members 4 in or in the vicinity of the optical path of the X-ray as shown in FIG. 7 is very effective means for reducing the scattered particles.

[0005] In recent years, in addition to the above-described LPX, a device using a discharge plasma is proposed as the X-ray generator. It is reported that a large radiant quantity of X-ray can be obtained by use of a dense plasma focus (DPF) which is one type of method. In this method using the DPF, the X-ray is generated as follows. For example, a coaxial cylindrical electrode is disposed in a gas atmosphere of argon or the like having a pressure of 0.2 Torr. A pulse voltage of about 1 kV is applied between the electrodes to generate the discharge plasma. Ions and electrons are focused on an electrode tip portion, accelerated, and heated by a current flowing through the generated plasma and an accordingly formed magnetic field. Accordingly, an electrode member on the

electrode tip portion and the target material present in the vicinity of the electrode are formed into plasmas and irradiated with the X-ray.

[0006] It is reported that thrown electric energy is converted into the X-ray at a high ratio. A repeated operation exceeding 1 kHz is confirmed. Therefore, the use of the DPF as the X-ray generator is expected in the same manner as in the laser plasma. The X-ray generated by the LPX or the DPF as described above is reflected by a reflection optical element such as a reflection mirror before used in many cases.

[0007]

[Problem to be solved by the Invention] For example, it is considered that the X-ray is reflected by a rotary paraboloid mirror which is an X-ray reflection optical element in a case where a parallel luminous flux of the X-ray is formed. It is very effective to arrange a plurality of scattered particle blocking members 4 in the optical path as shown in FIG. 7 in order to prevent the scattered particles from being attached to the peripheral member in a case where a transmission type optical element such as the thin-film filter is utilized as described above. However, in a case where the generated X-ray is reflected by a reflection optical element such as the reflective mirror to utilize the reflected X-ray, the arrangement of the scattered particle blocking members cannot be freely set.

[0008] The scattered particle blocking member 4

preferably has an area as broad as possible to obtain a high scattered particle reducing effect. However, in a case where the reflective mirror is utilized, for example, when the scattered particle blocking members 4 are arranged as shown in FIG. 5, the X-ray reflected by the surface of the reflective mirror is intercepted (5-a), and an only part of the reflected light is usually reflected (5-b). Therefore, any scattered particle blocking member cannot be disposed in an area where the reflected light passes.

[0009] To solve this problem, the reflective mirror may be enlarged, and a large scattered particle blocking member may be proportionally disposed. However, since a high working precision and a subtle control of a multilayered film are required for actually manufacturing the X-ray reflective mirror, it is not very easy to manufacture a large element. Furthermore, it is not preferable to enlarge an optical element such as the reflection optical element excessively in order to suppress a size of the whole device to a certain degree. Therefore, the method of enlarging the reflective mirror and the scattered particle blocking member is not a substantial solving method.

[0010] It has been demanded that the scattered particles be effectively reduced in the X-ray generator utilizing the X-ray generated from the plasma and having the X-ray reflection optical element as described above. Even in the DPF, since the electrode material or the target material is formed into the plasma to generate the X-ray, the substance

constituting the electrode or the target constitutes the scattered particles. When the generated X-ray is utilized, the reflection optical element is used in many cases. Therefore, it has been necessary to effectively reduce the scattered particles in the same manner as in the laser plasma system.

[0011]

[Means for solving the Problem] Therefore, the present inventor has investigated a method of efficiently reducing scattered particles without intercepting incident laser light or reflected X-ray in an X-ray generator provided with a reflection optical element to generate the X-ray from a plasma. As a result, the present inventor has found a shape and arrangement of a scattered particle blocking member which efficiently blocks the scattered particles without intercepting the laser light or the X-ray.

[0012] Therefore, the present invention first provides "an X-ray generator having an X-ray reflection optical element into which an X-ray generated from a plasma is emitted, the X-ray generator comprising: a scattered particle member which is mounted in parallel to or approximately parallel to a face formed by optical paths on the optical paths of incident light to the X-ray reflection optical element and/or the light reflected from the X-ray reflection optical element (claim 1)". Secondly, there is provided "the X-ray generator according to claim 1, further comprising: a target disposed or supplied in a container



whose pressure has been reduced; and a pulse laser light generator which irradiates the target with a laser beam in order to generate the plasma from the target (claim 2)".

Thirdly, there is provided "the X-ray generator according to claim 1, further comprising: an electrode to which a high voltage is applied in a pulse manner to generate the plasma (claim 3)".

Fourthly, there is provided "the X-ray generator according to claim 1 or 2, wherein a cover which prevents the scattered particles from being attached to the X-ray reflection optical element is disposed in a peripheral portion of the X-ray reflection optical element so as to surround the X-ray reflection optical element (claim 4)".

Fifthly, there is provided "the X-ray generator according to claim 1, 2, 3, or 4, wherein the scattered particle blocking member has a thickness of 2 mm or less (claim 5)".

Sixthly, there is provided "a projection exposure device comprising: an X-ray generator including an X-ray reflection optical element into which an X-ray generated from a plasma is emitted, and a scattered particle blocking member which is mounted in parallel to or approximately parallel to a face formed by optical paths on the optical paths of incident light to the X-ray reflection optical element and/or the light reflected from the X-ray reflection optical element; a reticle holding section provided with a reticle which is irradiated with the X-ray to form a pattern to be projected thereon; and a projection optical system which irradiates a substrate with the X-ray

passed through or reflected by the reticle (claim 6)".

Seventhly, there is provide "a projection exposing method comprising: a step of radiating an X-ray from a plasma; a step of introducing optical paths of incident light and reflected light between scattered particle blocking members disposed in parallel to or approximately parallel to a face formed by the optical paths, when the X-ray is emitted into and reflected by a reflection optical element; a step of irradiating a reticle provided with a pattern with the reflected X-ray; and a step of irradiating a substrate with the X-ray passed through or reflected by the reticle (claim 7)".

[0013]

[Mode for carrying out the Invention] In the present invention, a scattered particle blocking member having a shape of a plate such as a thin plate or a thin film is disposed in parallel to or approximately parallel to a face formed by an incident light path and a reflected light path, when an X-ray generated from a plasma is reflected by the surface of a reflective mirror. Therefore, the scattered particle blocking member hardly intercepts any luminous flux such as a luminous flux of incident light entering the reflective mirror from the plasma or a luminous flux of the reflected light reflected by the reflective mirror.

[0014] Additionally, in the present invention, "the face formed by the incident light path and the reflected light path" refers to a face X shown in FIG. 4. The present

invention mainly relates to the generation of the X-ray, but is applicable to generation of an ultraviolet ray whose wavelength region is close to that of the X-ray (extreme ultraviolet) or an X-ray whose wavelength region is close to that of the ultraviolet ray (soft X-ray).

[0015] FIG. 1 shows a schematic diagram of an X-ray generator (LPX) of the present invention. In the present embodiment, there will be described an example of a parallel X-ray luminous flux generating portion of an illumination optical system in an X-ray projection exposure device. A nozzle 12 is disposed in a vacuum container 10. A krypton (Kr) gas is jetted from the nozzle 12. The krypton gas jetted into the vacuum container 10 rapidly expands, and a most part of the gas cooled by insulating expansion forms a cluster.

[0016] In a position about 0.5 mm from a tip of the nozzle 12, pulse laser light 2 for excitation emitted from a YAG laser generator (not shown) is condensed. Accordingly, the cluster and the gas are irradiated with the laser light 2 to generate a plasma 3. Moreover, when this plasma 3 is generated, the X-ray is radiated. The generated X-ray is disposed so as to have a focus on the position where the plasma is generated, and reflected by a rotary paraboloid mirror 7 on whose surface an Mo/Si multilayered film is formed to form a parallel beam bundle 13.

[0017] In the present invention, an aluminum thin plate

(scattered particle blocking member) 8 having a thickness of about 100  $\mu\text{m}$  is disposed between the plasma and the rotary paraboloid mirror 7. To generate a sufficient quantity of X-ray by irradiation with the YAG laser (pulse laser light for excitation) 2, a density of the jetted krypton gas (cluster) needs to be high. However, since the krypton gas jetted from the nozzle 12 rapidly expands, the plasma 3 cannot be formed in a position largely distant from the nozzle 12. For this reason, the plasma 3 is generated in the vicinity which is about 0.5 mm from the tip of the nozzle 12. Therefore, a large number of high-speed ions forming the plasma 3 reach the surface (especially the tip portion) of the nozzle 12, and shave the surface of the nozzle 12. The shaved material forming the nozzle 12 flies around as the scattered particles. The scattered particles reach the rotary paraboloid mirror 7 and stick to the surface of the mirror. This deteriorates a reflection performance. To prevent this, the scattered particle blocking member 8 is disposed to prevent the scattered particles from reaching the rotary paraboloid mirror 7.

[0018] A place where the scattered particle blocking member 8 is disposed is parallel to a face formed by the optical path of the X-ray entering the rotary paraboloid mirror 7 and that of the X-ray 13 reflected by the rotary paraboloid mirror 7. That is, the member is disposed in a position where the incident light on the rotary paraboloid

mirror 7 and the reflected light are not intercepted. The krypton gas jetted from the nozzle 12 is discharged by an exhaust unit 11 attached in the vacuum container 10, and recovered by a krypton gas recovery unit (not shown). Accordingly, a pressure of the krypton gas in the vacuum container 10 is kept at about 0.1 Torr.

[0019] FIG. 2 shows a schematic diagram showing the vicinity of the rotary paraboloid mirror 7. Since scattered particle blocking members 4 made of thin plates are arranged as shown in FIG. 2, there is hardly intercepted the optical path of either of the X-ray entering the rotary paraboloid mirror 7 and the X-ray reflected by the mirror. Therefore, the scattered particles scattered by the buffer gas can be prevented from being attached to the rotary paraboloid mirror 7 without adversely affecting the optical path of the X-ray.

[0020] In the present embodiment, since the surfaces of the scattered particle blocking members 4 are delustered, surface areas are substantially remarkably enlarged. Therefore, a capability of adsorbing the scattered particles is improved. A degree of density with which the scattered particle blocking members 4 are arranged (the number of the scattered particle blocking members and a degree of interval between them) is preferably appropriately determined by the pressure of the introduced buffer gas and a degree of scattering of the scattered particles by the gas. For example, in a case where the

degree of scattering by the buffer gas is small, even when a travel direction of the scattered particles is slightly changed, the interval between the scattered particle blocking members 4 needs to be reduced to densely arrange the members, so that the scattered particle blocking members 4 can block the particles with a high probability. [0021] Moreover, in the LPX as in the present embodiment, the nozzle is preferably made of SiC. This is because SiC has a high hardness and a high melting point, and it is not easily shaved by the high-speed ions. Furthermore, even when the material is slightly shaved, and the nozzle constituting substance reaches the surface of the reflective mirror, an influence on drop of the X-ray quantity is comparatively small, because silicon (Si) has a high transmittance with respect to the X-ray in the vicinity of 13 nm.

[0022] In the device shown in FIG. 1, the scattered particle blocking member 8 may be provided with a driving unit 9 which moves the member while keeping a direction of the normal. Consequently, the scattered particle blocking member 8 whose scattered particle blocking effect has dropped during long-period use is removed from the optical path of the X-ray by the driving unit 9, and can be replaced with a new member. Moreover, since either of the incident light path and the reflected light path of the reflective mirror is not largely intercepted during the moving of the scattered particle blocking member 8, the

member can be replaced during the generation of the X-ray. However, when all of the scattered particle blocking members are replaced at the same time, the scattered particle blocking effect temporarily largely drops. Therefore, the members are preferably successively replaced.

[0023] Moreover, a moving mechanism of the scattered particle blocking member 8 does not have to be provided with the above-described moving constitution as long as the generation of the X-ray may be stopped. The scattered particle blocking members may be manually moved. In the present embodiment, the scattered particle blocking member 8 is made of an aluminum plate having a thickness of 100  $\mu\text{m}$ , but the thickness of the scattered particle blocking member is preferably as thin as possible so as not to intercept the X-ray. Typically, the thickness is preferably 2 mm or less, more preferably 1 mm or less.

[0024] Moreover, a material of the scattered particle blocking member 8 is not limited to aluminum which is used in the present embodiment. However, the material needs to keep flatness without being deflected when disposed. In the present embodiment, the scattered particle blocking member is formed into a plate shape, and the thickness is set to be substantially constant. However, the member may be thin in a position close to the plasma, and thick in a position distant from the plasma as long as the plasma is sufficiently small.

[0025] Furthermore, the scattered particle blocking

members do not have to be constituted of the same member. For example, the members may be constituted of a comparatively thick member in the position distant from the plasma and a member which is as thin as possible in the position close to the plasma. The former may be used as a support member of the latter. This solves the problem that the scattered particle blocking member is preferably thinner as described above, but strength of the thin member drops. A thickened tip portion (portion distant from the plasma) of the scattered particle blocking member can support the scattered particle blocking member, and the strength can be compensated for.

[0026] Additionally, there is considered a case where a sufficient distance cannot be secured between the plasma and the scattered particle blocking member, and the blocking member is shaved by the high-speed ions forming the plasma to such a degree as to raise a problem. In this case, it is preferable to manufacture the blocking member by use of a substance having a high transmittance of the X-ray for use in order to minimize a reflective mirror reflectance drop caused by the attachment of the shaved substance. Typical examples of the material include silicon (Si), molybdenum (Mo), and a material containing these substances.

[0027] In the present embodiment, the scattered particle blocking members are successively replaced, but as a replacing method, there may be used a method of inserting a



new blocking plate between the scattered particle blocking members and thereafter moving the member used up to that time. In this method, since the number of the blocking members temporarily increases, the X-ray quantity slightly decreases, but the scattered particle blocking effect does not deteriorate.

[0028] Moreover, in the present embodiment, the krypton gas is used as a target material, but both of a material and a shape of the target are not limited to those of the embodiment. For example, a thin-film, liquid-droplet, or particulate substance may be used as the target material. In this case, if necessary, another gas introducing port needs to be disposed to introduce the buffer gas. In the present invention, the rotary paraboloid mirror is used as the X-ray reflection optical element to thereby form the parallel beam bundle, but there is not any restriction on the formed beam bundle. The scattered particle blocking members of the present invention may be disposed even in a case where a divergent or convergent beam bundle is formed with the reflective mirror having a shape of, for example, a plane, a rotary elliptical face, a rotary hyperboloid or the like.

[0029] Moreover, when a cover 14 is disposed to prevent the scattered particles from being attached to the periphery of the X-ray reflection optical element 7, the scattered particles attached to the X-ray reflection optical element can be more effectively reduced. FIG. 3

shows an example in which the cover 14 is disposed in a case where the rotary paraboloid mirror 7 is used in the X-ray reflection optical element. Furthermore, the scattered particle blocking member or the cover can be cooled to improve a scattered particle adsorbing efficiency and efficiently reduce the scattered particles.

[0030] Furthermore, a pressure difference is made in the reduced pressure container so that a plasma side indicates a low pressure and an X-ray reflective mirror side indicates a high pressure, and accordingly a flow of the buffer gas is formed from the reflection optical element side toward the plasma side. This is effective for the reduction of the scattered particles. To form the flow of a gas toward the plasma, the buffer gas introducing port may be disposed on the side of the X-ray reflection optical element and an exhaust port may be disposed on the plasma side.

[0031] In a case where a gas target which might form scattered particles is used during the generation of the laser plasma, when the material of the nozzle for jetting the gas or the material of the target of the laser plasma is a ferromagnetic material such as iron (Fe), cobalt (Co), or nickel (Ni), the scattered particle blocking member is preferably constituted of the ferromagnetic material. When the scattered particle blocking member is magnetized in this manner, it is possible to efficiently adsorb and remove the scattered particles.

[0032] Moreover, the scattered particles may be removed by an electrostatic power by use of a material other than the above-described material. In this case, an electrostatic adsorbing unit can be disposed as the scattered particle blocking member to adsorb the scattered particles and effectively reduce the scattered particles. In the present embodiment, the LPX has been described, but the method of generating the plasma is not limited to this embodiment. For example, any method may be used as long as the method is applicable to the DPF using the electrode as described in the related art, plasma is generated, and the X-ray is radiated.

[0033] Furthermore, in the present embodiment, the constitution of an exposure device and an exposure method have not been described in detail, but the present embodiment is applicable to the exposure device having a known constitution, and a known method is applicable to the exposure method.

[0034]

[Effect of the Invention] As described above, according to the present invention, in an X-ray generator having an X-ray reflection optical element such as a reflective mirror, scattered particles attached to the reflective mirror can be reduced without reducing light quantities of incident light of an X-ray generated from a plasma with respect to the reflective mirror and the X-ray reflected by the reflective mirror. In consequence, since the scattered

particles attached to a member such as the reflective mirror are reduced, stable generation of the X-ray can be retained for a long period.

[0035] Moreover, when the X-ray generator of the present invention is used in a projection exposure device, stable projection exposure is possible, and more efficient exposure can be performed.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING]

[FIG. 1] It is a schematic diagram showing one example of an X-ray generator of the present invention.

[FIG. 2] It is a schematic diagram of the vicinity of a reflection optical element present in the X-ray generator of the present invention.

[FIG. 3] It is a schematic diagram of one example of the vicinity of the reflection optical element present in the X-ray generator of the present invention.

[FIG. 4] It is a concept diagram showing a face formed by an incident light path and a reflected light path in the present invention.

[FIG. 5] It is a concept diagram showing behavior of light reflected by a conventional scattered particle blocking member.

[FIG. 6] It is a concept diagram showing one example of the conventional scattered particle blocking member.

[FIG. 7] It is a concept diagram showing another example of the conventional scattered particle blocking

member.

[DESCRIPTION OF REFERENCE NUMERALS]

- 1 ... target
- 2 ... pulse laser light for excitation
- 3 ... plasma
- 4 ... scattered particle blocking member
- 5 ... X-ray
- 5-a ... X-ray reflected and intercepted
- 5-b ... X-ray reflected but not intercepted
- 6 ... reflection optical element (multilayered-film reflective mirror)
- 7 ... reflection optical element (multilayered-film rotary paraboloid mirror)
- 8 ... scattered particle blocking member made of an aluminum thin plate
- 9 ... aluminum thin-plate driving unit
- 10 ... vacuum container
- 11 ... exhaust unit
- 12 ... nozzle
- 13 ... parallel beam bundle of X-rays
- 14 ... cover